

몰입형 가상현실 콘텐츠를 위한 가상현실 글러브 개선 알고리즘 개발

송은지*

Development of a Virtual Reality Glove Improvement Algorithm for Immersive Virtual Reality contents

Eun-Jee Song*

*Professor, Dept. of Computer Science, Namseoul University, Cheonan, 31020 Korea

요 약

가상현실 콘텐츠 개발은 현실 세계처럼 체험하는 것이 목적이다. 몰입감과 상호 작용은 콘텐츠를 실제처럼 경험하기 위해 매우 중요한 요소이다. 사용자와 상호 작용하여 실제처럼 체험할 수 있으려면 인간의 오감을 느낄 수 있도록 하는 입·출력 장치가 필요하다. 다양한 입·출력 디바이스 중에 가상현실에서는 시각과 청각을 자극하는 장치가 가장 대표적이다. 최근에 보다 실제와 같은 체험을 위해 촉각을 자극하는 슈트와 장갑이 출시되고 있지만, 기술적 한계로 실제 콘텐츠에 적용되는 사례는 많지 않다.

본 논문에서는 가상 세계에서 손의 움직임과 터치를 감지 할 수 있는 가상현실 장갑을 분석한다. 분석을 바탕으로 기존 가상현실 장갑에 사용 된 피드백 방식의 진동을 이용하여 UI/ UX를 개선하고 촉각으로 VR(Virtual Reality) 객체와의 충돌의 강도를 감지할 수 있는 알고리즘을 제안한다. 또한 알고리즘을 통해 구현 된 시스템을 실제 사례에 적용하고 검증한다.

ABSTRACT

In order to be able to interact with the user to experience it as if it were real in virtual reality contents, input/output devices that make them feel the five senses of humans are required .

In virtual reality (VR), devices that stimulate sight and hearing are the most representative. For a more realistic experience, suits and gloves that stimulate the sense of touch have recently been released, but there are not many cases applied to actual contents due to the limitation of device . In this paper, we analyze a virtual reality glove that can detect hand movement and touch in a virtual world. Based on the analysis, we propose an algorithm that can sense the intensity of collision with a VR object by tactile sense by improving the UI/UX using the vibration of the feedback method used in the existing virtual reality glove. In addition, the system implemented by the algorithm is applied to an actual case.

키워드 : 가상현실 글러브, 촉각, UI/UX, 진동, 포스 피드백

Keywords : Virtual reality Glove, Sense of touch, UI/UX, Vibration, Force feedback

Received 20 April 2021, Revised 25 April 2021, Accepted 1 May 2021

* Corresponding Author Eun-Jee Song(E-mail:sej@nsu.ac.kr, Tel:+82-41-580-2104)

Professor, Department of Computer Science, Namseoul University, Cheonan, 31020 Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2021.25.6.807>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서론

요즘 4차 산업혁명이라는 화두 속에 인공지능과 함께 가상현실이 주목을 받고 있다. 가상현실에 있어서는 인간의 오감을 자극하여 실제와 같이 체험하는 것이 가장 중요하다.

최근에 이것을 가능하게 하는 다양한 가상현실 디바이스가 개발되고 있어 보다 실재감과 몰입감 있는 콘텐츠를 체험할 수 있게 되었다. 인간의 오감인 시각, 청각, 촉각, 미각, 후각 가운데 감각기관별 전달되는 정보를 처리하는 비중은 각각 다르지만 시각은 외부 세계에서 받아들이는 감각 정보의 70퍼센트 이상을 차지하며 가상현실에서 가장 큰 역할을 한다.

그 다음으로 영향을 미치는 것은 청각으로 시각과 청각이 외부의 정보를 받아들이는 대표적인 감각기관이다. 눈으로 보고 귀로 듣는 것에 더해 손으로 만질 수 있는 느낌을 갖게 된다면 훨씬 진짜처럼 느낄 것이다. 즉, 몰입감이 높아 질 수 있는 요소 중 촉감을 들 수 있는데 최근 많은 연구가 이루어지고 있는 분야로서 접근하는 방식도 여러 가지가 있다[1].

가상의 물건을 만질 때 팔이나 손에 물리적인 힘을 줘서 물체를 직접 사용자가 만지는 것처럼 느끼게 한다면 몰입감은 한층 높아질 것이다. 이것을 위한 가상현실 디바이스인 VR(Virtual Reality) 글러브는 VR 플랫폼에서 보편적으로 사용되는 입력장치 중 하나이다.

일반적인 스틱형 컨트롤러에 비해 사용자의 손 움직임을 세밀하게 표현하는데 효과적인 장점이 있어 자세하게 각 손가락마다의 움직임이 필요한 콘텐츠에서 주로 사용한다. 핸드트래킹이 가능한 디바이스를 업그레이드한 VR 글러브는 물건을 잡을 수 있게 개발되어 있는데 기존의 장갑 형태와 외골격을 장착한 장갑형태의 외관을 갖고 있다.

포스 피드백이란 사용자가 가상의 물체를 실제로 만지는 것 같은 느낌을 주는 것을 말하는데 최근 외골격 장치를 VR 글러브에 장착해 사용자 피드백 개선을 시도하고 있다. 그러나, 기존 VR 글러브는 사용자 피드백 수단이 진동 밖에 없어 사용자가 체감하는 피드백이 부족한 단점이 있다[2][3].

본 연구에서는 가상현실에 있어 기존의 VR 글로브가 외골격 장치가 없는 하드웨어적인 한계를 해결하여 촉감 디바이스로서 역할을 할 수 있는 방법을 제안한다.

구체적으로 사용자에게 효과적인 포스 피드백을 제공하지 못하고 있는 문제점을 진동의 세기를 이용하여 소프트웨어적인 방법으로 해결할 수 있는 알고리즘을 개발하고 구현한다. 또한 구현한 시스템을 적용한 실험 사례를 통해 그 효과성을 입증한다.

II. 관련 연구

2.1. 가상현실 디바이스

모바일 생태계가 형성되면서 스마트 폰이 대중화 된 것 같이 가상현실 활성화를 위해서도 생태계가 잘 형성되어야 한다. 가상현실의 생태계는 크게 콘텐츠(Contents), 플랫폼(Platform), 네트워크(Network) 그리고 디바이스(Device)로 나누어 볼 수 있다.

4가지 요소 모두 중요하지만 가상현실을 실제처럼 제대로 경험하기 위해서는 입-출력 디바이스가 무엇보다 중요하다. 왜냐하면 가상현실은 가상의 세계에서 실제처럼 체험할 수 있어야 함으로 인간의 오감을 느낄 수 있도록 하는 디바이스가 필요하기 때문이다[4].

대표적인 디바이스로서 현실과 차단하여 100% 그래픽 기반 가상현실을 체험하기 위해서 머리에 쓰는 VR 기기인 HMD(Head Mounted Display)가 있다. 이것은 PC나 게임기 기반과 모바일기반 기기로 나눌 수 있다.

그리고 최근에 오쿨러스를 인수한 페이스북에서는 데스크탑 PC 없이 HMD 하나로만 독립적으로 가상현실 콘텐츠를 체험할 수 있는 오쿨러스 고에 이어 오쿨러스 퀘스트를 출시하였다. 이것은 인간의 오감 중에 시각을 위한 장치인데 시각 다음으로 중요한 감각이 청각임으로 청각을 위한 장치도 함께 포함 되어있다.

최근에 보다 몰입감이 있는 콘텐츠를 체험할 수 있도록 촉각을 위한 가상현실 디바이스가 개발되고 있다.

2.2. 가상현실 글러브

가상현실을 실제처럼 체험하기 위해서 중요한 감각 기관으로는 앞서서도 서술하였듯이 시각과 청각이다.

최근에 보다 실제처럼 체험하기 위해 시각과 청각이 외에 촉각을 위한 기기들이 개발되고 있는데 대표적인 것이 손을 인식하는 장비들이다.

데스크 탑 PC에서 손동작을 인식하는 장비로 ‘립모션(Leap Motion)’이라는 장비가 유명하며 VR기기에 대

한 지원을 추가하면서 사용되고 있다.

가상공간에서 내 손을 보고 인식하는 경험은 몰입도를 높여주기 때문에 시나리오를 기획할 때 립모션을 활용하는 콘텐츠를 개발하는 경우가 있다. 예를 들어 가상의 물체를 손으로 잡거나 던지는 것을 인식하기 때문에 VR다트 나 VR피아노등과 같은 콘텐츠 개발에 활용할 수 있다 [5][6].

손을 인식하는 또 다른 기기는 가상현실 글러브를 들 수 있다. 현재 가장 대중적으로 사용되는 VR 글러브는 외관에 따라 그림1과 같이 Manus사의 Manus VR 글러브와 같은 장갑형 글러브와 Dexta Robotics사에서 출시한 Dexmo와 같은 외골격형 글러브로 나눌 수 있다.

ManusVR과 같은 기존의 장갑형 글러브는 보편적 형태의 장갑에 손가락의 움직임을 감지하는 센서를 부착해 사용자의 손가락 움직임을 가상현실 세계에서 표현한다. 또한 가상의 물체에 접촉하는 등의 이벤트가 발생할 때 진동으로 피드백을 제공한다. Dexmo와 같은 외골격형 글러브는 기존의 장갑형 글러브의 기능을 동일하게 제공하며 추가로 장착된 외골격을 이용해 가상의 물체에 접촉할 때 포스 피드백을 구현해 그 물체를 실제로 만지는 느낌을 제공한다 [2][3].

외골격형 글러브는 가상현실에서 하드웨어적으로 손가락과 물체의 충돌 깊이를 계산하고 그 값을 이용해 외골격이 바깥으로 당겨져 손가락의 움직임을 제한하는 방식으로 물체에 막혀 손가락이 움직이지 않는 듯한 느낌을 제공한다.

기존의 가상현실 글러브는 손의 움직임을 인식해서 VR에서 표현하기 위한 장비로서 외골격형 글러브와 같이 가상의 물체를 실제로 만지는 느낌, 즉 포스 피드백을 줄 수 없는 한계가 있다.

본 연구에서는 기존의 장갑형 VR글러브도 외골격형 글러브와 같이 가상의 물체를 실제 만지는 느낌인 포스 피드백을 줄 수 있는 알고리즘을 분석하고 구현한다.



Fig. 1 Virtual Reality Gloves.

III. 포스 피드백 알고리즘 분석 및 설계

기존 VR 글러브는 사용자의 손 움직임을 재현하는 기능은 충분하지만 사용자에게 피드백을 제공하는 부분은 진동의 유무로만 제공해 몰입감 효과가 미흡하다. 최근에 개발되는 외골격형 VR글러브는 아날로그 형태의 피드백을 사용해 오브젝트와 손의 접촉 정도에 따라 세밀하게 피드백을 제공해 사용자가 실제로 오브젝트와 상호작용 하는 느낌을 주도록 되어있다[7].

본 연구에서는 기존의 VR글러브도 가상의 물체를 실제로 만지는 것과 같은 느낌을 주기 위한 포스 피드백을 구현하기 위해 디지털 방식을 적용해 소프트웨어적으로 해결하는 알고리즘을 제안한다.

먼저 디지털 방식을 적용해 오브젝트와의 접촉 정도를 체크해 진동의 세기를 0%~ 100% 사이를 구간별로 나누어 제공 한다. VR글러브의 포스 피드백은 구체적으로 진동의 세기 정규화 알고리즘과 충돌 깊이 계산 알고리즘으로 구성된다. 진동의 세기 정규화는 프로그램이 시작될 때 충돌 깊이에 따른 진동을 출력할 때 사용하기 위한 표를 생성하는 과정이다. 충돌 깊이 계산 알고리즘은 가상의 손과 대상 물체의 충돌이 일어날 때 시작되며 가상의 손이 움직일 때마다 반복해서 수행된다.

구체적인 포스 피드백 알고리즘은 다음과 같은 순서로 설계하여 진행한다.

1) 단계별 진동세기

프로그램이 시작되면 사용자가 원하는 단계(n)에 따른 진동 세기 표(k)를 생성한다. 진동 세기를 0~1 사이의 값으로 출력할 때 각 단계(i)의 진동세기는 다음과 같은 식으로 계산하여 결정한다.

$$k_i = (1/n) * i \tag{1}$$

위의 식을 이용해 각 단계별 진동의 세기를 표1과 같이 결정한다.

Table. 1 The intensity of vibration in steps

Step (i)	Vibration Intensity (k_i)
0	0
1	(1/n)
2	(1/n) * 2
⋮	
n	1

2) 충돌 깊이 계산

충돌 깊이 계산 알고리즘은 가상의 손이 대상 물체에 접촉할 때 시작되고 손의 위치가 바뀔 때마다 반복된다. 충돌이 시작되면 그림2에서와 같이 대상 물체 중심인 원점 $O(p, q, r)$ 과 표면 충돌지점 $S(x_0, y_0, z_0)$ 간의 거리 T 를 구한다. T 는 다음과 같은 식으로 구한다.

$$T = \sqrt{(p-x_0)^2 + (q-y_0)^2 + (r-z_0)^2} \quad (2)$$

가상의 손이 대상 물체와 접촉을 유지하며 움직일 때 원점과 충돌지점 $S_1(x_1, y_1, z_1)$ 간의 거리 T_1 를 다음과 같은 식으로 구한다.

$$T_1 = \sqrt{(x_1-p)^2 + (y_1-q)^2 + (z_1-r)^2} \quad (3)$$

T_1 의 계산이 완료되면 이를 이용해 충돌 깊이(d)를 계산한다. 충돌 깊이 d 는 다음과 같은 식으로 구한다.

$$d = T - T_1 \quad (4)$$

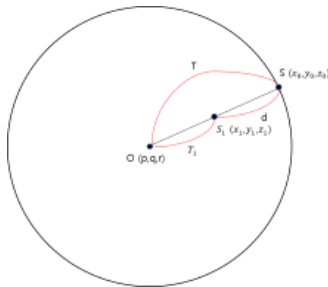


Fig. 2 Depth of Object Collision

3) 기준 거리 생성

충돌 깊이 산출 알고리즘은 가상의 손이 대상 물체에 접촉할 때 시작되고 손의 위치가 바뀔 때마다 반복된다. 충돌이 시작되면 충돌지점과 대상 물체 중심 간의 거리 T 를 구하고 이를 이용해 기준 거리를 구한다. 각 단계의 기준 거리 B_i 는 다음과 같은 식에 의해 계산한다.

$$B_i = (T/n) * i \quad (5)$$

위의 식을 이용해 각 단계를 구분하는 거리를 구하고 이를 이용해 표2와 같이 단계에 따른 기준 거리를 생성한다.

Table. 2 Reference distance by each step

Step (i)	Reference distance (B_i)
1	(T/n)
2	(T/n) * 2
⋮	
n	T

4) 진동 세기 정규화

위의 과정을 거쳐 만들어진 진동 세기와 기준 거리를 나타내는 표1,2를 이용해 표3과 같이 진동 세기를 정규화하고 각 충돌 깊이 d 가 위치하는 기준 거리 단계와 해당 단계의 진동을 알 수 있게 한다. 표3은 충돌 깊이에 따라 해당될 기준 거리의 범위로 단계를 구하고 이에 해당하는 진동을 입력한다.

Table. 3 Normalization of vibration intensity

Reference distance value (B_i)	Step (i)	Vibration intensity (k_i)
$d = 0$	0	0
$0 < d \leq B_1$	1	(1/n)
$B_1 < d \leq B_2$	2	(1/n) * 2
⋮		
$B_{n-1} < d \leq B_n$	n	1

가상의 손과 대상 물체와의 충돌이 유지될 때 위와 같은 표3을 이용해 그 충돌 깊이에 따른 진동을 출력할 수 있다. 위 과정의 순서도는 다음 그림3과 같다.

IV. 알고리즘 구현 및 적용사례

4.1. 구현

위에서 제안한 VR글러브 포스 피드백 알고리즘 분석과 설계를 기반으로 Unity 엔진을 사용하여 개발하며 SteamVR을 이용해 VR을 구현하고 Vive Pro를 활용한 다. VR 글러브는 ManusVR을 사용하기로 한다. VR상에서 손의 위치 인식을 위해서는 Vive Tracker를 사용한다.

구현한 기능 모듈은 다양한 콘텐츠에 적용할 수 있도록 컴포넌트 형태로 개발한다. VR 글러브의 진동 모듈이 각 손가락마다 있을 경우 해당 컴포넌트를 손가락마다 추가해 손가락 별로 오브젝트와의 접촉을 확인해 진동을 발생하며, 진동 모듈이 하나만 있을 경우 손바닥

혹은 검지 등 상호작용이 주로 발생하는 부분에 추가해 적용한다.

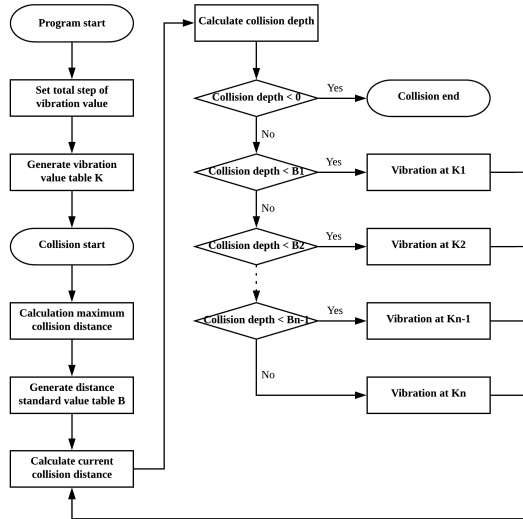


Fig. 3 Flow Chart of VR Glove Force feedback

포스 피드백을 적용한 프로그램의 충돌 깊이 단계는 4단계로 설정했다. 또한 진동을 이용한 사용자 경험을 구체적으로 나타내고 포스 피드백을 적용한 프로그램은 충돌 깊이에 따라 대상 물체의 색상이 노랑, 빨강, 초록, 파랑 등 색깔의 변화로 쉽게 인식할 수 있도록 했다.

구현해서 제작한 기능 데모는 그림4와 같다. 거리에 따른 진동을 시각화하기 위해 대상 오브젝트의 상단에 충돌 깊이를 문자화해 출력하고 깊이 단계에 따라 대상의 색을 변경해 확인할 수 있도록 했다.

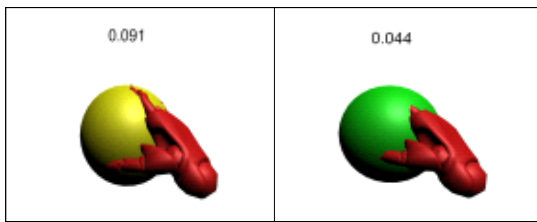


Fig. 4 Color change according to collision depth

4.2. 적용사례

본 연구에서 구현한 알고리즘을 활용한 사례로서 적절한 압력으로 타일을 눌러 벽에 붙이는 과정을 훈련하는 타일 시공 훈련 콘텐츠를 제작해 기능을 실습하였다. 섬세한 동작이 요구되는 교육 과정을 구현한 VR 콘

텐츠에 VR 글러브를 사용할 때 효과적이고 현실감 있는 조작을 위해 활용할 수 있다.

가상의 오브젝트를 만지는 충돌의 세기를 알 수 있도록 개선한 VR 글러브를 활용하여 타일 시공 시 적절한 압력으로 붙이는 훈련을 실시하는 사례에 적용하였다. 타일을 붙일 때 너무 강하지도, 약하지도 않은 적당한 세기로 타일을 붙여야 하는데 이를 구현하기 위해 타일과 벽의 적절한 거리를 정하고 현재 타일과 벽 간 거리를 비교해 진동의 세기를 출력해 사용자가 피드백을 받아가며 적당한 세기를 찾는 연습을 할 수 있는 콘텐츠를 개발하였다. 그림5는 타일 시공 훈련 콘텐츠를 구현한 화면이다.

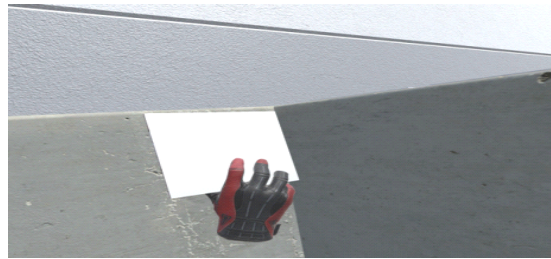


Fig. 5 Demonstration scene of tile construction training using improved VR gloves

이외에도 부품 조립 공정에서 나사의 조임 정도를 표현하는데도 활용가능하다.

본 연구를 통해 개발한 가상현실 글러브를 교육이나 훈련 콘텐츠에 적용할 경우 다음과 같은 효과를 볼 수 있을 것으로 기대된다.

- ① 기존 스틱형 컨트롤러에 비해 교육에 효과적이다.
- ② 개선된 UX/UI를 통해 기존 VR글러브에 비해 효과적인 피드백을 얻을 수 있다.

V. 결론

최근 가상현실 기술의 발전으로 점차 현실과 가상의 경계가 흐려지고 있다. 지금까지 머리에 기기를 뒤집어 쓰고 눈앞의 가상현실(VR), 증강현실(AR)을 즐겼다면, 이제는 직접 그 안으로 들어가는 단계로 진입하였다. 그 대표적인 사례가 현실의 나를 대리하는 아바타를 통해 일상 활동과 경제생활을 영위하는 3D 기반의 가상세계인 ‘메타버스’의 등장이다.

메타버스를 배경으로 한 대표적인 영화 ‘매트릭스’, ‘아바타’, ‘레디 플레이어 원’에서 보면 현실에서 특수 기기를 착용하여 가상세계로 접속하는 장면들이 있는데 그 당시는 상상으로 영화를 제작했으나 이제는 현실화가 되어가고 있다 [8].

가상의 세계에서 실감나는 체험을 위해 인간의 오감을 자극하는 다양한 VR 디바이스가 개발되고 있는데 기존 VR 기기가 눈과 귀로만 VR 체험을 할 수 있던 것에서 피부로까지 감각을 전해주는 촉각을 위한 다양한 디바이스가 출시되고 있다 [9].

최근에 개발되는 외골격형 VR 글러브는 아날로그 형태의 피드백을 사용해 오브젝트와 손의 접촉 정도에 따라 피드백을 제공해 사용자가 실제로 오브젝트와 상호작용 하는 느낌을 주도록 되어있으나 기존 VR 글러브는 사용자의 손 움직임에 따라 가상의 세계에 표현은 가능하지만 사용자에게 피드백을 제공하는 부분은 진동의 유무로만 제공해 손으로 만지는 느낌을 주지 못하여 상호작용의 효과가 미흡하다.

본 연구에서는 기존의 VR 글러브도 가상의 물체를 실제로 만지는 느낌을 줄 수 있는 포스 피드백 알고리즘을 제안하고 디지털 방식을 적용해 오브젝트와의 접촉 정도를 진동의 세기로 구간별로 나누어 제공하여 소프트웨어적으로 구현하였다.

제한한 알고리즘을 구현한 시스템을 통해 진동의 세기로 충돌의 깊이를 알 수 있었고 오브젝트의 색을 변하게 함으로 충돌의 세기를 보다 인식하기 쉽도록 구현하였고 효과적인 포스 피드백을 체감할 수 있는 결과를 얻었다.

개발한 알고리즘을 구현하여 적용한 실제 사례로서 적절한 압력으로 타일을 눌러 벽에 붙이는 과정을 연습하는 타일 시공 훈련 콘텐츠를 제작하여 그 효과성을 확인 하였다.

향후, 물체의 단단한 정도에 따라서도 피드백을 달리 줄 수 있는 방법을 연구하고자 한다. 다양한 포스 피드백에 대한 연구를 통해 보다 몰입감과 실재감 있는 가상 현실 콘텐츠 구현이 가능하리라 기대한다.

ACKNOWLEDGEMENT

Funding for this paper was provided by Namseoul University year 2020

REFERENCES

[1] D. H. Jung, *Virtual reality concept*, 1st ed. Gyeonggi, GG : 21st Century-Books, 2017.

[2] M. Bouzit, G. Burdea, G. Popescu, and R. Boian, “The Rutgers Master II-New Design Force-Feedback Glove,” in *IEEE VR 2002 Haptics Symposium*, Orlando: no. 7, no. 2, pp. 256-263, Jun. 2002.

[3] M. J. Kim, D. G. Kim, H. G. Park, U. K. Kim, B. J. Choi, and H. R. Choi, “Development of Exoskeleton-Type Data Glove for Position/Force Feedback,” *Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers. A. A*, Vol. 35, No. 12, pp. 1585-1591, Dec. 2011.

[4] B. Y. Jung, “Virtual Reality Ecosystem and Implications,” *Journal of Korea Information Society Development Institute*, vol. 28, no. 7 pp. 1-23, Apr. 2016.

[5] G. Popescu, M. Bouzit, and G. Burdea, “Virtual Reality Simulation Modeling for a Haptic Glove,” in *Conference: Computer Animation*, Geneva: Switzerland, pp. 195-200, 1999.

[6] S. Y. Lee, S. H. Park, and J. W. Bae, “An Effective Recognition Method of the Gripping Motion Using a Data Gloves in a Virtual Reality Space,” *Journal of Digital Contents Society*, vol. 22, no. 3, pp. 437-443, Mar. 2021.

[7] M. Y. Kim and Y. J. Kim, “3D Surface Painting in VR using Force Feedback,” *Journal of Korea Computer Graphics Society*, vol. 26, no. 2, pp. 1-9, Jun. 2020.

[8] S. Y. Ko, H. K. Jung, J. I. Kim, and Y. T. Shin, “Metaverse concept and direction of development,” *Korea Information Processing Society Review*, vol. 28, no. 1, Mar. 2021.

[9] Now experience virtual reality (VR) through the sense of touch [Internet]. Available: <https://www.mk.co.kr/news/it/view/2019/11/967727/>.



송은지(Eun-Jee Song)

1984년 : 숙명여자대학교 수학과(이학사)
 1988년 : 일본 나고야(名古屋) 국립대학 정보공학과 (공학석사)
 1991년 : 일본 나고야(名古屋) 국립대학 정보공학과 (공학박사)
 1991년 ~ 1992년 : 일본 나고야(名古屋)국립대학 정보공학과 객원 연구원
 1996년 ~ 현재 : 남서울대학교 컴퓨터소프트웨어 학과 교수
 2018년 ~ 현재 : 대통령소속 국가지식재산위원회 위원
 2019년 ~ 현재 : 충남 4차 산업혁명위원회 위원
 ※관심분야: VR/AR, IT융합, 수치해석, 빅데이터 등